

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
И.о.заведующего кафедрой
_____ Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2018г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование специальности)

Электроснабжение супермаркета «Командор»
по адресу г. Абакан, ул. Пушкина, д.44
(наименование темы)

Руководитель _____ «__» _____ 2018г. доцент кафедры ЭЭ, к.т.н. А.В.Коловский
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ «__» _____ 2018г. А.С.Мужайло
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ «__» _____ 2018г. И.А.Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт –
филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

И. о. заведующего кафедрой

_____ Г.Н. Чистяков

подпись

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту _____ Мужайло Артуру Сергеевичу
(фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭн 14-02 (14-2)

Специальность 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код) (наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Электроснабжение супермаркета «Командор» по адресу г. Абакан, ул. Пушкина, д. 44

Утверждена приказом по институту № _____ от _____

Руководитель ВКР Коловский А. В., доцент кафедры «Электроэнергетика»
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для дипломного ВКР План супермаркета с расположением электрооборудования, ведомость электропотребителей.

Перечень разделов дипломного проекта:

1 Теоретическая часть

1.1 Нормативные требования к системе электроснабжения общественных зданий

1.2 Анализ предоставленных данных

1.3 Характеристика объекта проектирования

2 Аналитическая часть

2.1 Светотехнический расчет системы освещения

- 2.2 Электротехнический расчет системы освещения
- 2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов
- 2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам
- 2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта
- 3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения
 - 3.1 Выбор коммутационных аппаратов
 - 3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции
 - 3.3 Выбор прочих электрических устройств
 - 3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения
 - 3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

Перечень обязательных листов графической части

- 1 План расположения элементов системы освещения с разводкой осветительной сети.
- 2 План расположения силовых электроприемников с нанесенной разводкой электрической сети
- 3 Однолинейная схема электроснабжения

Руководитель дипломного проекта

_____/ А. В. Коловский
(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

_____/ А. С. Мужайло
(подпись, инициалы и фамилия студента)

« 16 » февраля 2018 г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) на тему «Электроснабжение супермаркета «Командор» г. Абакан, ул. Пушкина, д.44» содержит 52 страницы текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСБЕРЕЖЕНИЕ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ,
ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК, ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ,
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ,
ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ.

Проектируемый объект – супермаркет «Командор» г. Абакан, ул. Пушкина, д.44.

Цели:

- выбор проектирования наиболее экономичной и рациональной системы электроснабжения 0,4 кВ;
- выбор сечений проводов и кабелей, коммутационных аппаратов, распределительных пунктов;
- расчет токов короткого замыкания, проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость;
- проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности и по чувствительности.

В ВКР была спроектирована система электроснабжения супермаркета «Командор» г. Абакан, ул. Пушкина, д.44, с учетом современных требований к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды. Рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения. Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания и на термическую стойкость.

THE ABSTRACT

Graduation qualification work (WRC) on the topic "Power supply of the supermarket" Commander "Abakan, ul. Pushkina, d.44" contains 57 pages of a text document, 25 sources used, 3 sheets of graphic material.

ELECTRICAL SAFETY, SHORT CIRCUIT, ELECTRICAL EQUIPMENT, ELECTRIC RECEPTION, ELECTRICITY, ENERGY EFFICIENCY, CHOICE EQUIPMENT, ELECTRICITY.

The projected object is the supermarket "Commander" Abakan, ul. Pushkin, d.44.

Objectives:

- the choice of designing the most economical and efficient system of power supply of 0.4 kV;
- selection of sections of wires and cables, switching devices, distribution points;
- Calculation of short-circuit currents, verification of equipment for thermal and electrodynamic resistance;
- calculation of three-phase and single-phase short-circuit currents, testing of switching devices for breaking capacity and sensitivity.

The system of power supply of the supermarket "Commander" Abakan, Pushkin street, 44, was designed in the WRC, taking into account modern requirements for systems, such as reliability, efficiency, safety for humans and the environment. Electrical loads are calculated according to the levels of power supply. The selected electrical equipment is tested for the action of short-circuit currents and thermal resistance.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Теоретическая часть.....	8
1.1 Нормативные требования к системам электроснабжения общественных зданий	8
1.2 Анализ предоставленных данных	8
1.3 Характеристика объекта проектирования.....	11
2 Аналитическая часть.....	12
2.1 Светотехнический расчет системы освещения.....	12
2.1.1 Светотехнический расчет системы рабочего освещения.....	12
2.1.2 Светотехнический расчет системы аварийного освещения	15
2.2 Электротехнический расчет системы освещения.....	16
2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов	20
2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам.....	234
2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта	24
3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения ..	28
3.1 Выбор коммутационных аппаратов	31
3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции.....	33
3.3 Выбор прочих электрических устройств.Выбор распределительных пунктов	35
3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения.....	35
3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования.....	37
3.5.1 Расчет токов КЗ	37
3.5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость	39
3.5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности	40
3.5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности.....	43
Заключение	49
Список использованных источников	50

ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение супермаркета «Командор» г. Абакан, ул. Пушкина, д.44 напрямую зависит от вида продаваемых товаров. В продуктовых магазинах энергоснабжение обуславливается, прежде всего, наличием холодильных установок, это холодильные и морозильные витрины. Особенность электроснабжения объектов торговли заключается не только в большой насыщенности внутренних электросетей, но так же, в разнообразии мощностей потребления электроэнергии различными установками: холодильными установками, тепловыми завесами, весовыми приборами, кассами и т.д. Холодильные установки, вспомогательные приборы, в состав которых входят различные электрические двигатели, потребляют намного больше электроэнергии, чем осветительные приборы, что требует более серьезной схемы электроснабжения объекта торговли с учетом заземления электрических приборов. Один из важных факторов, который влияет на продажи в торговых магазинах – это освещение. При создании комфортной обстановки для покупателя освещение является очень важной составляющей, которая может как увеличивать продажи, так и уменьшать их.

1 Теоретическая часть

1.1 Нормативные требования к системам электроснабжения общественных зданий

Система электроснабжения супермаркета должна быть выполнена в соответствии с действующими:

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;

ПУЭ 7-е издание «Правила устройств электроустановок»;

СП-31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»;

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 молниезащита данного объекта не требуется.

1.2 Анализ предоставленных данных

Таблица 1.1 - Ведомость электрических нагрузок супермаркета

Наименование	U _{ном} , В	Кол-во потребителей	Мощность ЭП, кВт
1	2	3	4
Реклама	220	1	1,0
Компьютер	220	1	0,45
Принтер	220	1	0,3
Факс	220	1	0,3
Кондиционер	220	1	1,3
Кофемашина	220	1	0,3
Чайник	220	1	0,3
Насос	220	1	0,5
Фасовка	220	1	0,2
Фасовка	220	1	0,2

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
Фасовка	220	1	0,2
Фасовка	220	1	0,35
Фасовка	220	1	0,45
Фасовка	220	1	0,2
Касса	220	1	0,45
Касса	220	1	0,3
Касса	220	1	0,45
Касса	220	1	0,45
Касса	220	1	0,3
Касса	220	1	0,3
Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
Торговый зал (холодильник)	220	1	0,51
Ларь	220	1	0,5
Ларь	220	1	0,5
Весы	220	1	0,15
Весы	220	1	0,3
Весы	220	1	0,2
Касса	220	1	0,45
Касса	220	1	0,45
Касса	220	1	0,3
Касса	220	1	0,3
Гастроном (СВЧ печь)	220	1	1,0
Гастроном(Морозилка бытовая)	220	1	0,4
Гастроном(Блинница)	220	1	0,4
Гастроном (Сокоохладитель)	220	1	0,3
Гастроном(Кофе машина)	220	1	0,3

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
Гастроном(Соковыжималка)	220	1	0,2
Гастроном(Соковыжималка)	220	1	0,2
Гастроном(Миксер)	220	1	0,3
Гастроном(Термопод)	220	1	0,2
Гастроном(Термопод)	220	1	0,2
Гриль	220	1	3,5
Теплофон	220	1	1,0
Теплофон	220	1	1,0
Теплофон	220	1	1,0
Теплофон	220	1	1,0
Ц.касса	220	1	0,3
Ц.касса	220	1	0,45
Рабочее место	220	1	0,45
Рабочее место	220	1	0,45
Сервер	220	1	2,0
МФУ видео	220	1	0,3
Столовая (Холодильник бытовой)	220	1	0,45
Столовая (Чайник)	220	1	0,45
Столовая (СВЧ печь)	220	1	1,0
Столовая (Телевизор)	220	1	0,3
Столовая (Морозилка бытовая)	220	1	0,4
Столовая (Соковыжималка)	220	1	0,4
Теплофон	220	1	1,0
Рукосушитель	220	1	1,5
Холодильное оборудование	220	1	3,5
Холодильное оборудование	220	1	3,5
Холодильное оборудование	220	1	3,5
Холодильное оборудование	220	1	3,5
Холодильное оборудование	220	1	3,5

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4
Холодильное оборудование	220	1	2,5
Холодильное оборудование	220	1	4,0
Холодильное оборудование	220	1	4,0
Холодильное оборудование	220	1	4,0

1.3 Характеристика объекта проектирования

Супермаркет «Командор» расположен в городе Абакан на улице Пушкина 44, режим работы магазина с 8:00 до 23:00 без обеда и выходных, специализация магазина заключается в продаже товаров. Супермаркет предусматривает наличие производственных, служебных, вспомогательных и бытовых помещений. Холодильное, силовое и тепловое оборудование различного назначения размещено в торговом, подсобном помещениях. Супермаркет занимает часть площади первого этажа. Площадь супермаркета 451,6 м². Высота помещения 3 м.

Электроснабжение осуществляется от существующего вводного распределительного устройства (ВРУ 0,4 кВ), расположенного в коридоре магазина. По степени надежности электроснабжения магазин относится к потребителям II категории. Приборы пожарно-охранной сигнализации относятся к I категории, которая обеспечивается вторичным источником питания (АКБ).

Расчетный учет электроэнергии осуществляется счетчиком, установленным в ПР магазина, Меркурий 230 АМ-03 5 (7,5А).

Один из наиболее мощных приемников – гриль 3,5 кВт. Один из маломощных приемников – насос 0,5 кВт. По роду тока электроприёмники относятся к потребителям, работающим от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц).

2 Аналитическая часть

2.1 Светотехнический расчет системы освещения

Стадия расчета электроосвещения очень важна при проектировании. Правильно спроектированная система освещения способствует более безопасной работе персонала, снижению утомляемости, более рациональному использованию электрической энергии, повышению производительности труда и продаже товаров.

Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 31-110-2003 и СП 52.13330.2011.

2.1.1 Светотехнический расчет системы рабочего освещения

На данном этапе проектирования определяются тип источников света, наиболее рациональные места установки светильника, а также высота их установки, способ крепления и способы управления освещением. Для освещения помещений супермаркета использованы светильники марки ДВО-40404-1 с установкой в нем диодных ламп мощностью по 40 Вт каждая. Согласно информации, представленной заводом изготовителем о данном светильнике, он предназначен для использования общественных зданиях и помещениях. Данный светильник имеет степень защиты IP 40. Лампы, устанавливаемые в данном светильнике должны иметь световую температуру 4200 К. Уровень искусственной освещенности от системы общего освещения не должен быть меньше 500 ЛК. Управление освещением выполнено с помощью проходных, одноклавишных и двухклавишных выключателей. Выключатели установлены у мест входа в помещения здания, либо в наиболее рациональных местах их установки. Высота установки выключателей над уровнем пола – 1,5м. Это обеспечит удобное управление освещением.[24 с. 72]

Светотехнический расчет произведен по методу использования светового потока. Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

где E_{\min} - минимальная нормированная освещенность, лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

N – число светильников;

n – число ламп в светильнике;

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Нормированная освещенность для помещений была выбрана по СП 52.13330. Коэффициент запаса k учитывает запыленность помещения, снижение светового потока ламп в процессе эксплуатации. Так как данный объект относится к объектам с низкой запыленностью, а так же с отсутствием паров кислот и щелочей, значение коэффициента запаса принято равным 1,25. Коэффициент минимальной освещенности Z характеризует неравномерность освещения. Он является функцией многих переменных, точное его определение затруднительно, но в наибольшей степени он зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте. При расположении светильников в линию (ряд), рекомендуется принимать $Z = 1,1$ для люминесцентных ламп. Для определения коэффициента использования светового потока η находят индекс помещения i и предполагаемые коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $r_{\text{п}}$, стен $r_{\text{с}}$, пола $r_{\text{р}}$. Обычно для светлых торговых помещений $r_{\text{п}}=70\%$, $r_{\text{с}}=50\%$, $r_{\text{р}}=30\%$. Для производственных помещений с незначительными пылевыведениями $r_{\text{п}}=50\%$, $r_{\text{с}}=30\%$, $r_{\text{р}}=10\%$. [7 с. 122]

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.2)$$

где А, В, h - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

Так как высота потолков во всем здании равномерна и помещение одноэтажное, была принята высота подвеса светильника – 2,8м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значения коэффициента η

i	$r_{\text{п}}, \% 70$ $r_{\text{с}}, \% 50$ $r_{\text{р}}, \% 30$	50	30
0,5	28	21	18
1,0	49	40	36
3,0	73	61	58
5,0	80	67	65

Параметры для расчета количества светильников супермаркета приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетные параметры для определения количества светильников

Участок	E_{min}	k	S, м ²	Z	$\Phi_{\text{л}}, \text{лм}$	n, шт	i	η
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Торговый зал	500	1,25	284,6	1,1	1350	39	8,05	45
Кабинет директора	300	1,25	7	1,1	2350	3	8,05	45
Кабинет товароведа	300	1,25	4	1,1	2350	2	8,05	45
Зона приемки	300	1,25	18,2	1,1	2350	4	8,05	45
Подсобные помещения	200	1,25	137,8	1,1	3250	43	8,05	45

Результаты светотехнического расчета системы рабочего освещения супермаркета приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Данные по принятым лампам и светильникам

Участок	Кол-во светильников	Тип светильника	Мощность светильника
1	2	3	4
Торговый зал	38	ДВО 40404-1	P=40 Вт
	1	ДСП 1303	P=40 Вт
Кабинет директора,	3	ДВО-40404-1	P=40 Вт
Кабинет товароведа	2	ДВО-40404-1	P=40 Вт
Зона приемки	4	ДСП 1303	P=40 Вт
Подсобные помещения	8	ДВО-40404-1	P=40 Вт
	27	ДСП 1303	P=40 Вт
	8	ДПО 1801	P=12Вт

Расположение светильников сети рабочего освещения указано на листе 1 графической части работы.

Проектные решения приняты согласно типовым проектам 5.407-142, 5.407-64, 5.407-101, 5.407-112.

2.1.2 Светотехнический расчет системы аварийного освещения

Аварийное освещение предназначено для безопасного завершения работы во время внезапного отключения сети рабочего освещения. Системы аварийного освещения следует устанавливать в помещениях с постоянно работающими людьми, а также в помещениях, в которых одновременно может находиться более 100 человек. Подробный список помещений, в которых следует устраивать систему аварийного освещения, указан в СП 52.13330.2011. Минимальная освещенность должна составлять 5% нормы и не менее 2 Лк внутри зданий.[5 с. 117]

В супермаркете система аварийного освещения расположена между основными светильниками. Для удовлетворения эстетических качеств светильники аварийного освещения выполняются такими же, как и светильники рабочего освещения в заданном помещении. Для достижения минимальных затрат светильники аварийного освещения использованы в составе системы рабочего освещения. При этом в нормальном режиме работы объекта освещение выполняется как системой рабочего, так и системой аварийного освещения. При переходе в аварийный режим и отключении системы рабочего освещения, в работе должны остаться только светильники системы аварийного освещения.

2.2 Электротехнический расчет системы освещения

Целью электротехнического расчета освещения является определение сечения кабеля, которым будет выполнена осветительная сеть, а также определение потери напряжения в осветительной сети.

Так как осветительные сети являются сетями с распределенной нагрузкой, то определение потерь напряжения и проверка сечения кабельных линий по допустимому отклонению напряжения выполняются методом моментов нагрузки.[16 с. 118]

Потери напряжения на каждом участке рассчитываются по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S} \quad (2.3)$$

где М – момент нагрузки;

K_c –коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника, $K_c=72$ [17, табл.10.7];

S- сечение проводника.

Момент нагрузки - это сумма произведений мощности отдельных нагрузок на длину кабеля их питающих.

Произведен расчет освещения в линии от ВРУ до самого удаленного щита освещения.

Момент нагрузки равен:

$$M = L \cdot P_{PO}, \quad (2.4)$$

где L – расстояния от ЩО до ВРУ;

$P_{P.O.}$ - расчетная нагрузка освещения.

$$M = 10 \cdot 4,39 = 43,9 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО1:

$$\Delta U \geq 5\%$$

Распределение разводки осветительной сети по фазам выглядит следующим образом: ЩО

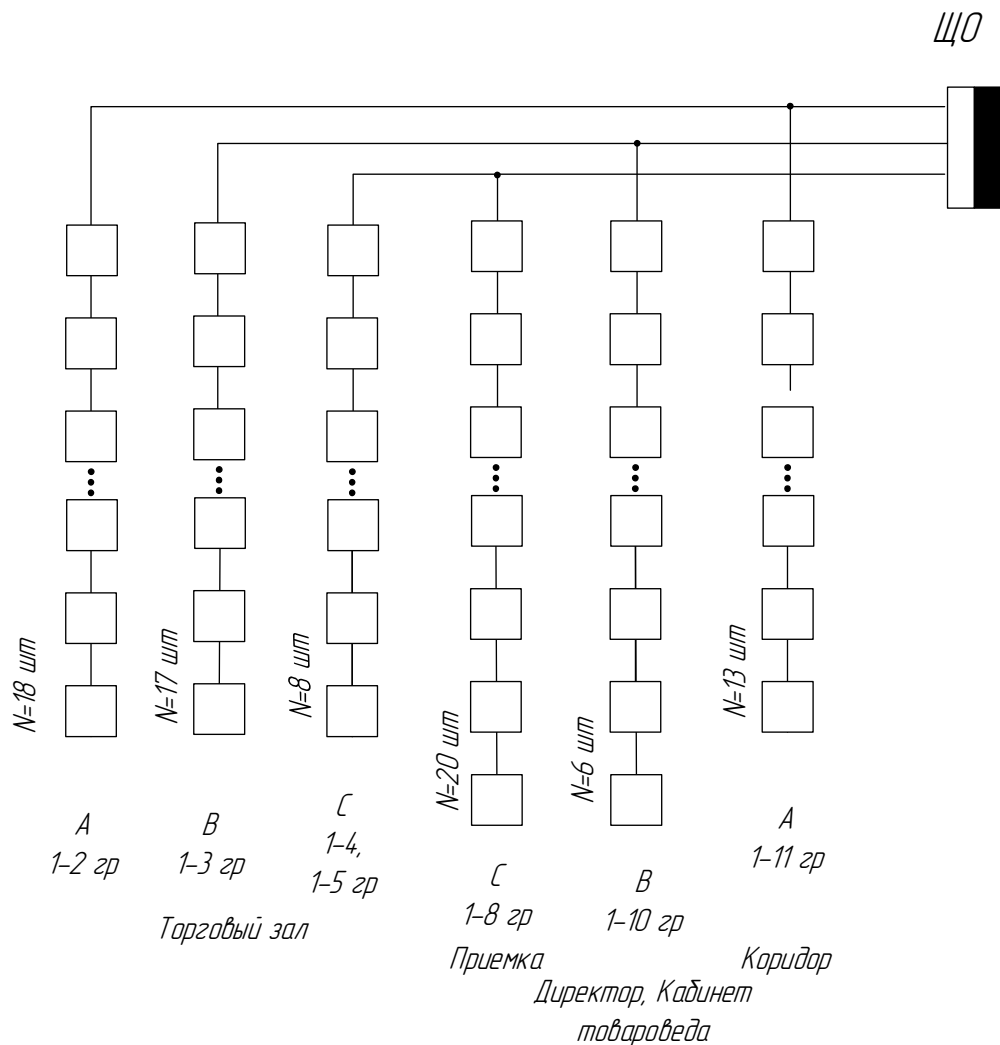


Рисунок 2.2 – Структура разводки осветительной сети ЩО

Длины линий представлены на однолинейной схеме графической части работы, в структуре разводки осветительной сети длины не отображаются.

Определены моменты нагрузки:

$$M_P = P_{\text{л}} \cdot N_{\text{л.р.}} \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) \quad (2.5)$$

где $N_{\text{л.р.}}$ - число светильников в одном ряду;

$P_{\text{л}}$ - мощность одного светильника;

L_1 – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Проверка отклонения напряжения удовлетворяет требованиям ГОСТ 32144-2013 если:

$$\Delta U_{ВРУ-ЩО} + \Delta U_{ГР} < \Delta U_{доп.нр.} \quad (2.6)$$

где $\Delta U_{доп.нр.} = 5\%$ - предельно допустимые потери напряжения в групповой осветительной сети.

Определены суммарные моменты нагрузки:

$$M_{ГР1} = M_{P1} + M_{P6} \quad (2.7)$$

Определены моменты нагрузки для фазы А:

$$M_{P1-2} = 0,04 \cdot 18 \cdot (6 + \frac{77}{2}) = 32$$

$$M_{P1-11} = 0,04 \cdot 13 \cdot (12 + \frac{71}{2}) = 24,7$$

$$M_{ГР1} = 32 + 24,7 = 56,7$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определены моменты нагрузки для фазы В:

$$M_{P1-3} = 0,04 \cdot 17 \cdot (8 + \frac{76}{2}) = 31,3$$

$$M_{P1-10} = 0,04 \cdot 6 \cdot (10 + \frac{73}{2}) = 11,2$$

$$M_{ГР1} = 31,3 + 11,2 = 42,4$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определены моменты нагрузки для фазы С:

$$M_{P1-5} = 0,04 \cdot 8 \cdot (8 + \frac{69}{2}) = 13,6; \quad M_{P1-8} = 0,04 \cdot 20 \cdot (9 + \frac{72}{2}) = 36$$

$$M_{ГР1} = 13,6 + 36 = 49,6; \quad \Delta U = \frac{49,6}{72 \cdot 1,5} = 0,46\%$$

В итоге выбран кабель сечением $1,5 \text{ мм}^2$, который удовлетворяет требованиям ГОСТ 32.144-2013.

2.3 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов

Вся силовая нагрузка распределена между двумя щитами ЩС и ЩС хол. От ЩС запитана силовая нагрузка и все остальные приемники, включенные в розеточные группы. От ЩС хол. запитано холодильное оборудование.

Определения нагрузки создаваемой группой электроприемников присоединенных к силовому щиту, производится для выбора сечения линии, питающей эту группу и коммутационно защитной аппаратуры. Расчет мощности электроприемников на силовом щите осуществляется по формуле:

$$P_{\text{рас}} = K_c \cdot P_{\Sigma \text{уст}} \quad (2.8)$$

где: K_c определяется по [таб.6.9, СП]

Насос $P_2=0,5\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Фасовка $P_3=1,6\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Кассы $P_4=2,25\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Торговый зал $P_5=2,55\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Ларь $P_6=1,0\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Весы $P_7=0,65\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Кассы $P_8=1,6\text{кВт}$; $K_c=0,6$; $\cos\varphi =0,85$; $U=220\text{ В}$.

Определение суммарной мощности электроприёмников:

$$P_{\text{сумм}} = P_{\text{реклама}} + P_{\text{ЩС}} + P_{\text{ЩСхол.}} + P_{\text{ЩО}} + P_{\text{ЩВ}}, \text{ кВт} \quad (2.9)$$

$$P_{\text{сумм}} = 1,0 + 20,1 + 32 + 4,39 + 32 = 89,5 \text{ кВт}$$

Определение расчетной мощности:

$$P_{\text{рас}} = 0,6 \cdot 89,5 = 53,7 \text{ кВт}$$

Определение полной расчетной мощности:

$$S_{\text{рас}} = P_{\text{рас}} / \cos\varphi, \text{ ВА} \quad (2.10)$$

$$S_{\text{рас}} = 53,7 / 0,85 = 63,2 \text{ кВА}$$

Определение расчетного тока:

$$I_{\text{рас}} = S_{\text{рас}} / U, \text{ А} \quad (2.11)$$

$$I_{\text{рас}} = 63,2 / 220 = 287,3 \text{ А}$$

Полученные результаты расчетов сведены в таблицу 2.4

Таблица 2.4– Расчет нагрузок силовых пунктов

№ п/п, марки- ровка групп	Наименование ЭП	количес- тво ЭП п, шт	Мощность ЭП, Р,Вт	Кс	Ррасч , Вт	S расч, ВА	Ip , А
1	2	3	4	5	6	7	8
Группа М-1							
1, М-1	Реклама	1	1000	1	1000	1176	5,3
	Итого гр.М-1 :	1	1000	1	1000	1176	5,3
Группа М-2							
ЩС							
линия1 (фаза А)							
1, С-4	Компьютер	1	450				
2, С-4	Принтер	1	300				
3, С-4	Факс	1	300				
4, С-4	Кондиционер	1	1300				
5, С-4	Кофемашина	1	300				
6, С-4	Чайник	1	300				
	Итого линия 1 :	6	2950	0,5	1475	1735	7,9
линия 2 (фаза В)							
1, С-8	Насос	1	500				
2, С-9	Фасовка	1	200				
3, С-9	Фасовка	1	200				
4, С-9	Фасовка	1	200				
5, С-9	Фасовка	1	350				
6, С-9	Фасовка	1	450				
7, С-9	Фасовка	1	200				
8, С-10	Касса	1	450				
9, С-10	Касса	1	300				
10, С-10	Касса	1	450				
11, С-10	Касса	1	450				
12, С-10	Касса	1	300				
13, С-10	Касса	1	300				
14, С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
15,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
16,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
17,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
18,С-11	Торговый зал (холодильник)	1	510				
19,С-12	Ларь	1	500				
20,С-12	Ларь	1	500				
21,С-13	Весы	1	150				
22,С-13	Весы	1	300				
23,С-13	Весы	1	200				
24,С-14	Касса	1	450				
25,С-14	Касса	1	450				
26,С-14	Касса	1	300				
27,С-14	Касса	1	300				
	итого линия 2:	27	10050	0,6	6030	7094	32,2
линия 3 (фаза С)							
1, С-15	Гастроном (СВЧ печь)	1	1000				
2, С-15	Гастроном (Морозилка бытовая)	1	400				
3, С-15	Гастроном (Блинница)	1	400				
4, С-15	Гастроном (Сокоохладитель)	1	300				
5, С-15	Гастроном (Кофе машина)	1	300				
6, С-15	Гастроном (Соковыжималка)	1	200				
7, С-15	Гастроном (Соковыжималка)	1	200				
8, С-15	Гастроном (Миксер)	1	300				
9, С-15	Гастроном (Термопод)	1	200				
10,С-15	Гастроном (Термопод)	1	200				
11,С-16	Гриль	1	3500				
12,С-17	Теплофон	1	1000				
13,С-17	Теплофон	1	1000				
14,С-18	Теплофон	1	1000				
15,С-18	Теплофон	1	1000				
	Итого линия 3:	15	11000	0,5	5500	6471	29,4
линия 4 (фаза А)							
1,С-20	Ц.касса	1	300				

Окончание таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
2,С-20	Ц.касса	1	450				
3,С-21	Рабочее место	1	450				
4, С-21	Рабочее место	1	450				
5, С-21	Сервер	1	2000				
6, С-21	МФУ видео	1	300				
7, С-22	Столовая (Холодильник бытовой)	1	450				
8, С-22	Столовая (Чайник)	1	450				
9, С-22	Столовая (СВЧ печь)	1	1000				
10,С-22	Столовая (Телевизор)	1	300				
11,С-22	Столовая (Морозилка бытовая)	1	400				
12,С-22	Столовая (Соковыжималка)	1	400				
13,С-23	Теплофон	1	1000				
14,С-24	Рукосушитель	1	1500				
	Итого линия 4:	14	9450	0,5	4725	5559	25,3
	Итого по ЦС гр. М-2	63	34450	0,6	21359	32860	86,5
Группа М-3							
ЩСхол.							
1, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
2, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
3, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
4, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
5, М-3	Холодильное оборудование	1	3500				
6, М-3	Холодильное оборудование	1	2500				
7, М-3	Холодильное оборудование	1	4000				
8, М-3	Холодильное оборудование	1	4000				
9, М-3	Холодильное оборудование	1	4000				
	Итого по ЦС хол. :	9	32000	0,6	19200	22588	102,7

2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

Симметричная трехфазная система напряжений характеризуется одинаковыми по модулю и фазе напряжениями во всех трех фазах. При несимметричных режимах напряжения в разных фазах не равны.

Несимметричные режимы в электрических сетях возникают по следующим причинам:

- 1) неодинаковые нагрузки в различных фазах,
- 2) неполнофазная работа линий или других элементов в сети,
- 3) различные параметры линий в разных фазах.

Наиболее часто несимметрия напряжений возникает из-за неравенства нагрузок фаз. Поскольку основной причиной несимметрии напряжения является различие по фазам (несимметричная нагрузка), то это явление наиболее характерно для низковольтных электрических сетей 0,4 кВ.

Таблица 2.5 – Несимметрия токов фаз

Группа	Фаза	Линия	Срасч., Вт	Ирасч., А
ЩС	А	1,4	7294	33,2
ЩС	В	2	7094	32,2
ЩС	С	3	6471	29,4
ЩС хол	С		22588	102,7

2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта

Суммарная мощность здания:

$$P_{\text{супермаркета}} = P_{\text{торговый зал}} + P_{\text{подсобные помещения}}, \text{ кВт} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{торговый зал(1)}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}}), \text{ кВт} \quad (2.13)$$

$$P_{\text{подсобные помещения(2)}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}}), \text{ кВт} \quad (2.14)$$

К- коэффициент максимума использования;

$P_{роз.}$ - мощности розеточной группы;

$P_{осв.}$ - мощность осветительной нагрузки ;

$P_{охл.}$ - мощность систем охлаждения;

Расчет осветительной нагрузки:

(2.15)

$$P_{осв.нагр} = P_{освет.} \cdot K_c$$

$P_{освет.}$ – суммарная мощность осветительной нагрузки ;

K_c – расчетный коэффициент спроса.

$$P_{осв.нагр(1)} = 1,56 \cdot 0,95 = 1,482 \text{ кВт}$$

$$P_{осв.нагр(2)} = 1,856 \cdot 0,95 = 1,76 \text{ кВт}$$

Расчет мощности розеточной группы:

$$P_{роз.гр} = P_{уд.р.} \cdot n \cdot K_c \text{ кВт} \quad (2.16)$$

$P_{уд.р.}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт

n – число розеток.

$$P_{роз.гр(1)} = 0,06 \cdot 23 \cdot 0,8 = 1,104 \text{ кВт}$$

$$P_{роз.гр(2)} = 0,06 \cdot 24 \cdot 0,6 = 0,864 \text{ кВт}$$

Расчет силового оборудования:

$$P_{сил.хол.} = P_{хол.} \cdot K_c \text{ кВт} \quad (2.17)$$

где $P_{хол.}$ - суммарная мощность систем охлаждения.

$$P_{сил.охл.(1)} = 32 \cdot 0,6 = 19,2 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.пр.обор} = P_{пр.обор.} \cdot K_c \text{ кВт} \quad (2.18)$$

где $P_{тепл}$ - суммарная мощность прочих приборов.

$$P_{сил.пр.обор.(1)} = 10,5 \cdot 0,6 = 6,3 \text{ кВт}$$

Определение электрической нагрузки ЭП в целом по супермаркету:

$$P_{\text{супермаркета}} = 0,85(1,482 + 1,76 + 1,104 + 0,864 + 19,2 + 6,3 + 22,99) = 53,7 \text{ кВт}$$

Супермаркет по характеру помещения окружающей среды относится к классу нормальной средой, характеристика помещения сухое, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой.

Характерной особенностью силовых сетей общественных зданий является их большая протяженность и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры. Проектируемая схема электроснабжения выполнена на рисунке 2.3. На рисунке 2.3 приняты следующие обозначения: ЩС – щит силовой; ЩС хол – щит силовой холодильного оборудования; ЩО – щит освещения.

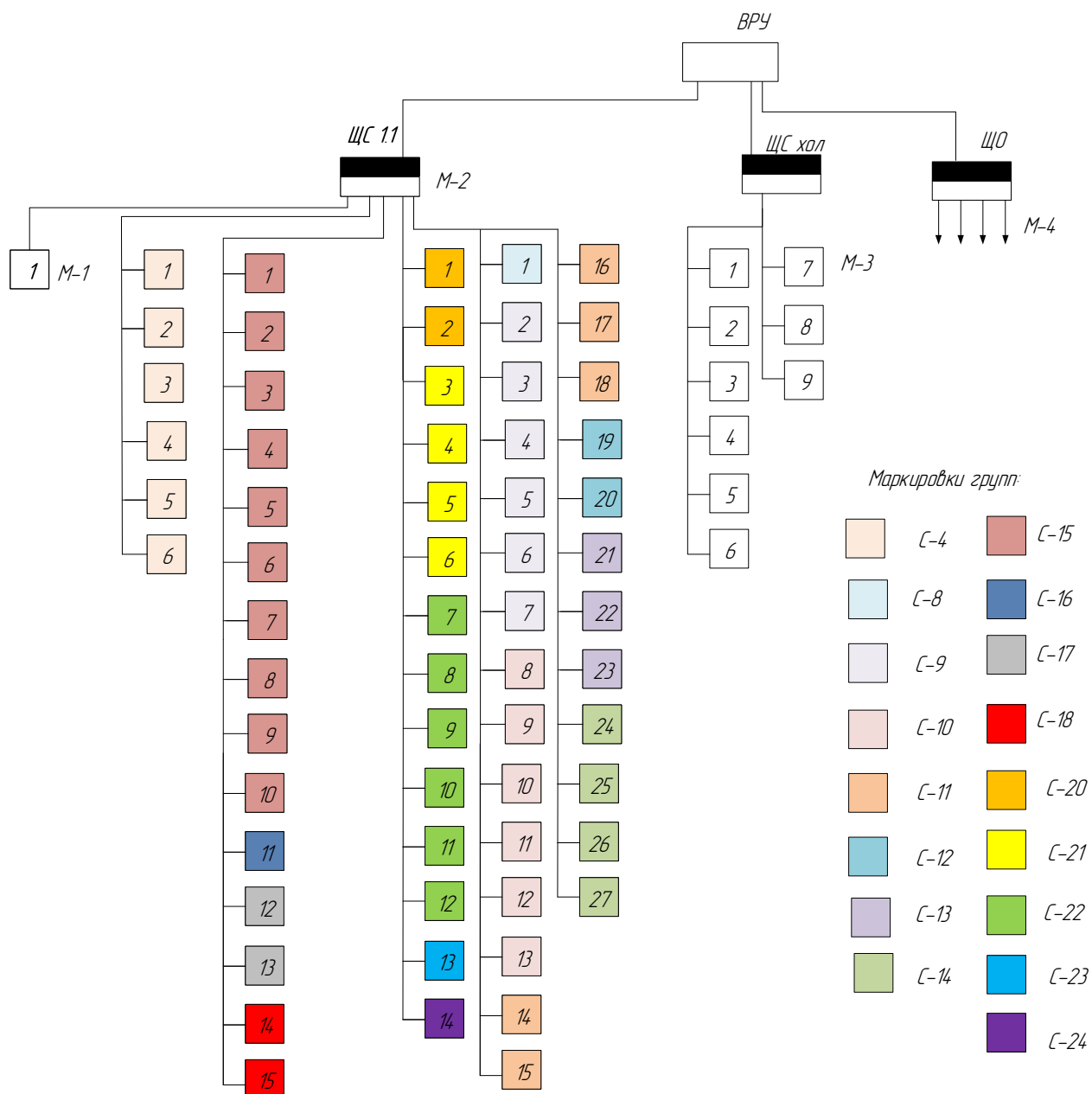


Рисунок 2.3 – Распределение электроэнергии по супермаркету

Электроприемники приведены в таблице 2.4.

3 Практическая часть. Проектирование сети внутреннего электроснабжения

Расчетную нагрузку, создаваемую одним приемником электроэнергии принимают равной номинальной мощности приемника. По этой нагрузке выбрано сечение питающего кабеля и коммутационно защитная аппаратура.

Расчет первого уровня электроснабжения:

Гриль: $P_2=3500$ Вт ; $K_c=0,5$; $\cos\varphi=0,85$; $U=220$ В; $K=3$.

Определена полная мощность электроприемника:

$$S=P/\cos\varphi, \text{ кВА} \quad (3.1)$$

$$S= 3,5/0,85=4,1 \text{ кВА}$$

Определен расчетный ток электроприемника:

$$I=S/U, \text{ А} \quad (3.2)$$

$$I=4,1/220 \cdot 1000= 18,7 \text{ А}$$

Определен ток пусковой для холодильника:

$$I_{\text{пуск}}=I \cdot K, \text{ А} \quad (3.3)$$

где K – кратность пускового тока

$$I_{\text{пуск}}=2,7 \cdot 3=8,2 \text{ А}$$

Аналогичные расчеты произведены и для остальных электроприемников, полученные результаты расчетов сведены в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Расчет первого уровня электроснабжения

№ п/п, мар-ка групп	Наименование ЭП	количество ЭП п, шт	Мощность ЭП, Р,Вт	Класс U,В	cosφ	S расч, ВА	Ip , А	Ипус к , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вывеска								
1, М-1	Реклама	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
	Кабинет директора							
1, С-4	Компьютер	1	450	220	0,85	529	2,4	-
2, С-4	Принтер	1	300	220	0,85	353	1,6	-
3, С-4	Факс	1	300	220	0,85	353	1,6	-
4, С-4	Кондиционер	1	1300	220	0,85	1529	7,0	20,9
5, С-4	Кофемашина	1	300	220	0,85	353	1,6	-
6, С-4	Чайник	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Розеточная сеть								
1, С-8	Насос	1	500	220	0,85	588	2,7	-
2, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
3, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
4, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
5, С-9	Фасовка	1	350	220	0,85	412	1,9	-
6, С-9	Фасовка	1	450	220	0,85	529	2,4	-
7, С-9	Фасовка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
8, С-10	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
9, С-10	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
10, С-10	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
11, С-10	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
12, С-10	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
13, С-10	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Торговый зал								
14, С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
15,С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
16,С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
17,С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
18,С-11	Холодильник	1	510	220	0,85	600	2,7	8,2
Розеточная сеть								
19,С-12	Ларь	1	500	220	0,85	588	2,7	8,0
20,С-12	Ларь	1	500	220	0,85	588	2,7	8,0
21,С-13	Весы	1	150	220	0,85	176	0,8	-
22,С-13	Весы	1	300	220	0,85	353	1,6	-
23,С-13	Весы	1	200	220	0,85	235	1,1	-
24,С-14	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
25,С-14	Касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
26,С-14	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
27,С-14	Касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гастроном								
1, С-15	СВЧ печь	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
2, С-15	Морозилка бытовая	1	400	220	0,85	471	2,1	6,4
3, С-15	Блинница	1	400	220	0,85	471	2,1	-
4, С-15	Сокоохладитель	1	300	220	0,85	353	1,6	-
5, С-15	Кофе машина	1	300	220	0,85	353	1,6	-
6, С-15	Соковыжималка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
7, С-15	Соковыжималка	1	200	220	0,85	235	1,1	-
8, С-15	Миксер	1	300	220	0,85	353	1,6	-
9, С-15	Термопод	1	200	220	0,85	235	1,1	-
10,С-15	Термопод	1	200	220	0,85	235	1,1	-
Розеточная сеть								
11,С-16	Гриль	1	3500	220	0,85	4118	18,7	-
12,С-17	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
13,С-17	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
14,С-18	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
15,С-18	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
	Розеточная сеть							
1,С-20	Ц.касса	1	300	220	0,85	353	1,6	-
2,С-20	Ц.касса	1	450	220	0,85	529	2,4	-
Кабинет видеонаблюдения								
3,С-21	Рабочее место	1	450	220	0,85	529	2,4	-
4, С-21	Рабочее место	1	450	220	0,85	529	2,4	-
5, С-21	Сервер	1	2000	220	0,85	2353	10,7	-
6, С-21	МФУ видео	1	300	220	0,85	353	1,6	-
Столовая								
7, С-22	Холодильник бытовой	1	450	220	0,85	529	2,4	7,2
8, С-22	Чайник	1	450	220	0,85	529	2,4	-
9, С-22	СВЧ печь	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
10,С-22	Телевизор	1	300	220	0,85	353	1,6	-
11,С-22	Морозилка бытовая	1	400	220	0,85	471	2,1	6,4
12,С-22	Соковыжималка	1	400	220	0,85	471	2,1	-
Розеточная сеть								
13,С-23	Теплофон	1	1000	220	0,85	1176	5,3	-
14,С-24	Рукосушитель	1	1500	220	0,85	1765	8,0	-
Машинное отделение								
1, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
2, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
4, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
5, М-3	Холодильное оборудование	1	3500	220	0,85	4118	18,7	56,1
6, М-3	Холодильное оборудование	1	2500	220	0,85	2941	13,4	40,1
7, М-3	Холодильное оборудование	1	4000	220	0,85	4706	21,4	64,2
8, М-3	Холодильное оборудование	1	4000	220	0,85	4706	21,4	64,2
9, М-3	Холодильное оборудование	1	4000	220	0,85	4706	21,4	64,2

3.1 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей произведен по условию:

а) по номинальному току:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_p \quad (3.4)$$

где $I_{\text{ср.рас.}}$ – номинальный ток автомата, А.

б) по номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{\text{ном.т.в.}} \geq K_n \cdot I_p \quad (3.5)$$

где $I_{\text{ном.т.в.}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А;

$K_n = 1,1$ – коэффициент надежности.

в) по условию защиты автомата защищаемая линия, должна быть согласована по условию:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_z \quad (3.6)$$

$$I_{\text{ср.рас.}} \leq (K_{\text{ус.прок.}} \cdot I_{\text{доп}}) / K_{\text{защ}} \quad (3.7)$$

где $K_{\text{ус.прок.}}$ – прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля [7, УП];

$I_{\text{доп}}$ – длительный ток кабеля, А;

$K_{\text{защ}}$ – коэффициент защиты, который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства, [1, таб.7.6];

I_3 - ток срабатывания автомата.

Выбор вводных автоматов на пункт распределительный сведен в таблицу

3.2

Таблица 3.2 - Выбор вводных автоматов на пункт распределительный

№	I_p, A	Сечение кабеля	$I_{ном}, A$	$K_{ус.прот}$	$K_{защ}$	$I_{доп}, A$	Тип выключателя	Номинальный ток выключателя
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПР	95,9	ВВГнг-LS– 5x25	105,5	0,95	1	109	ВА 47-160, С-125	125
ЩС	35,9	ВВГнг-LS– 5x10	39,5	0,95	1	50	ВА 47-100, С-50	50
ЩС хол.	57,2	ВВГнг-LS– 5x16	76	0,95	1	80	ВА 47-100, С-80	80
ЩО	7,85	ВВГнг-LS– 5x4	27,6	0,95	1	29	ВА 47-100, С-32	32

Выбор автоматов защиты отходящих линий сведен в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Выбор автоматов защиты отходящих линий

№	I_p, A	Марка кабеля	$I_{доп}, A$	$K_{ус.прот}$	$K_{защ}$	$I_{ср.рас.}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя	Отключающая способность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩС									
линия 1 С-4	7,9	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500
линия 2 С-8	2,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500
линия 3 С-9	8,7	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500
линия 4 С-10	12	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500
линия 5 С-11	13,6	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500
линия 6 С-12	5,4	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500
линия 7 С-13	3,5	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500
линия 8 С-14	8,02	ВВГ нг- LS – 5x2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25A/30mA	25	4500

Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
линия 9 С-15	18,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 10 С-16	18,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 11 С-17	10,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 12 С-18	10,7	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 13 С-20	4,01	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 14 С-21	17,1	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 15 С-22	16	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 16 С-23	5,4	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
линия 17С-24	8,02	ВВГ нГ- LS – 5х2,5	26	0,95	1	24,7	DEKraft 25А/30мА	25	4500
ЩО									
Торговый зал									
гр.1-2-рабочее	4,12	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-3-рабочее	3,92	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-4-рабочее	0,91	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-5-рабочее	0,91	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-6-аварийное	0,91	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
гр.1-7-аварийное	1,2	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
Приемка									
гр.1-8-рабочее	5,7	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
Директор									
гр.1-10-рабочее	1,4	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500
Коридор									
гр.1-11-рабочее	2,0	ВВГ нГ- LS – 5х1,5	16	0,95	1	15,2	DEKraft C16	16	2500

3.2 Выбор кабельно-проводниковой продукции

Сечения кабельных линий выбраны по условию максимально допустимого нагрева, вызванного длительного максимального тока.

Выбор сечений кабельной линии, питающей силовые щиты сведен в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км
1	2	3	4	5	6
ПР	95,9	ВВГнг-LS – 5х25	109	1,25	0,0662
ЩС	35,9	ВВГнг-LS – 5х10	50	3,12	0,073
ЩС хол.	57,2	ВВГнг-LS – 5х16	80	1,95	0,0675
ЩО	7,85	ВВГнг-LS – 5х4	29	7,81	0,095

Выбор сечений кабельных линий, отходящих от щитков, кабельных линий, питающих отдельные потребители приведен в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км
1	2	3	4	5	6
ЩС					
линия 1 С-4	7,9	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 2 С-8	2,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 3 С-9	8,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 4 С-10	12	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 5 С-11	13,6	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 6 С-12	5,4	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 7 С-13	3,5	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 8 С-14	8,02	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 9 С-15	18,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 10 С-16	18,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 11 С-17	10,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 12 С-18	10,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 13 С-20	4,01	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 14 С-21	17,1	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 15 С-22	16	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 16 С-23	5,4	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
линия 17 С-24	8,02	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09
ЩО					
Торговый зал					
гр.1-2-рабочее	4,12	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6
гр.1-3-рабочее	3,92	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095
гр.1-4-рабочее	0,91	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095
гр.1-5-рабочее	0,91	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095
гр.1-6-аварийное	0,91	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095
гр.1-7-аварийное	1,2	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095
Приемка					
гр.1-8-рабочее	5,7	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095
Директор					
гр.1-10-рабочее	1,4	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095
Коридор					
гр.1-11-рабочее	2,0	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095

3.3 Выбор прочих электрических устройств. Выбор распределительных пунктов

Распределительные пункты выбраны исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта [1,стр.87]

Таблица 3.6 – Выбор распределительных пунктов

№	I _р , А	Тип РП	Число отходящих линий
1	2	3	4
Щит силовой	35,9	ЩРН-72 (з)	24
Щит хол.	57,2	ЩРН-72 (з)	12
Щит освещения	7,85	ЩРН-36 (з)	12

3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения

После того как произведен выбор сечение кабеля по длительно допустимому току, нужно проверить кабель на допустимые потери напряжения. Отклонение напряжения присоединенных к сети токоприемников не должно выходить за пределы допустимого по ГОСТ 32144-2013.

По длине линии присоединено несколько (n) нагрузок:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \sum_0^n I_{расч.} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), B \quad (3.8)$$

где $I_{расч.}$ – расчетный ток, А;

L – длина участка, км;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

r_0 и x_0 – значения активных и реактивных сопротивлений определяем по таблице 2-5 [8].

Результаты расчетов сведены в таблицу 3.7.

Таблица 3.7–Проверка по допустимым потерям напряжения

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км	cos	sin	L ,км	Потери, В	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Группа М-1										
линия 1 М-1	5,3	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,002	0,1	0,0 22
Группа М-2										
ЩС	35,9	ВВГ нг-LS – 5х10	50	3,12	0,073	0,85	0,55	0,010	1,7	0,4 41
линия 1 С-4	7,9	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,037	2,3	0,5 96
линия 2 С-8	2,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,030	0,6	0,1 64
линия 3 С-9	8,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,025	1,7	0,4 44
линия 4 С-10	12,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,038	3,5	0,9 31
линия 5 С-11	13,6	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,039	4,1	1,0 83
линия 6 С-12	5,4	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,043	1,8	0,4 74
линия 7 С-13	3,5	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,043	1,2	0,3 07
линия 8 С-14	8,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,038	2,4	0,6 22
линия 9 С-15	18,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,020	2,9	0,7 63
линия 10 С-16	18,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,022	3,2	0,8 40
линия 11 С-17	10,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,030	2,5	0,6 55
линия 12 С-18	10,7	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,037	3,1	0,8 08

Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
линия 13 С-20	4,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,023	0,7	0,188
линия 14 С-21	17,1	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,051	6,8	1,780
линия 15 С-22	16,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,052	6,5	1,698
линия 16 С-23	5,4	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,037	1,5	0,408
линия 17С-24	8,0	ВВГ нг- LS – 5х2,5	26	5,21	0,09	0,85	0,55	0,051	3,2	0,835
ЩО										
Торговый зал	7,85	ВВГнг-LS – 5х4	29	7,81	0,095	0,85	0,55	0,010	0,9	0,239
гр.1-2-рабочее	4,1	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,054	2,9	0,755
гр.1-3-рабочее	3,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,073	3,7	0,972
гр.1-4-рабочее	0,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,023	0,3	0,071
гр.1-5-рабочее	0,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,037	0,4	0,114
гр.1-6-аварийное	0,9	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,036	0,4	0,111
гр.1-7-аварийное	1,2	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,095	1,5	0,387
Приемка										
гр.1-8-рабочее	5,7	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,100	7,4	1,935
Директор										
гр.1-10-рабочее	1,4	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,037	0,7	0,176
Коридор										
гр.1-11-рабочее	2,0	ВВГ нг- LS – 5х1,5	16	7,81	0,095	0,95	0,32	0,088	2,3	0,598

3.5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

3.5.1 Расчет токов КЗ

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение в сети или в элементах электрооборудования короткого замыкания, вследствие повреждения изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании токов КЗ, а также для быстрого восстановления нормального

режима работы системы электроснабжения необходимо правильно определять токи КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру (или же проверить уже выбранную на стойкость к току КЗ).

Расчет токов КЗ в сетях до 1000В в ВРУ выполняются в именованных единицах.

Определение токов КЗ начинается с составления схемы замещения.

Составлена схема замещения для ВРУ :

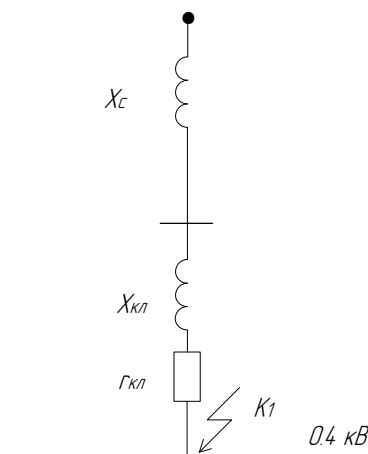


Рисунок 3.1 – Схема замещения сети

На шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции ток короткого замыкания равен 6,4 кА. Тогда сопротивления внешней сети включающей в себя результирующее сопротивление сети 10 кВ сопротивления трансформатора определены по формуле:

$$X_{BH} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.з.нн}}} \quad (3.9)$$

где $U_{\text{л}}$ - среднее номинальное напряжения 400 В.

$I_{\text{к.з.нн}}$ - ток короткого замыкания на шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции.

$$X_{BH} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,4} = 36,1$$

Для кабеля ВВГ 5х120 протяженностью $L_{кл1}=400\text{м}$ по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление : $R_{уд.кл1}=0,261\text{ Ом/км}$

Реактивное сопротивление: $X_{уд.кл1}=0,0602\text{ Ом/км}$

$$R_{л1} = R_{уд.кл1} \cdot L_{кл1} , \text{ мОм} \quad (3.10)$$

$$R_{л1} = 0,261 \cdot 400 = 104,4 \text{ мОм}$$

$$X_{л1} = X_{уд.кл1} \cdot L_{кл1} , \text{ мОм} \quad (3.11)$$

$$X_{л1} = 0,0602 \cdot 400 = 24,1 \text{ мОм}$$

Рассчитано сопротивление и ток к.з. в точке K_1 на вводе низкого напряжения ВРУ:

$$X_{\Sigma} = X_{л1} + X_{вн} , \text{ мОм} \quad (3.12)$$

$$X_{\Sigma} = 24,1 + 36,1 = 60,2 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое равно 15 мОм.

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{п} , \text{ мОм} \quad (3.13)$$

$$R_{\Sigma} = 15 + 104,4 + 5 = 124,4 \text{ мОм}$$

Ток КЗ точке K_1 :

$$I_{K1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (3.14)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{60,2^2 + 124,4^2}} = 1,674 \text{ кА}$$

3.5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость

Проверку оборудования осуществляем по условиям электродинамической стойкости. При этом должно, выполняться условие:

$$i_{y\partial} \leq I_{\partial c}, \quad (3.15)$$

где $i_{y\partial}$ - ударный ток КЗ;

$I_{\partial c}$ - ток электродинамической стойкости, кА.

$$i_{y\partial} = K_{y\partial} \cdot I_{m.k.z.}, \quad (3.16)$$

Так как $R_{\Sigma} > X_{\Sigma}$, то $K_{y\partial} = 1$ и ударный ток равен амплитуде тока установившегося КЗ.

Проверка автоматических выключателей.

Необходимо проверить автоматические выключатели по условиям электродинамической стойкости, по наибольшей отключающей способности.

В силовых пунктах установлены автоматические выключатели серии DEKraft и BA 47-100.

DEKraft C16 с номинальными токами расцепителя 16А для которых $I_{\partial c} = 2,5$ кА, выбранный выключатель способен отключить ударный ток в точке КЗ:

$$I_{m.k.z.} = 1,674 \cdot \sqrt{2} = 2,367 \text{ кА} \quad (3.17)$$

$$2,367 < 2,5 \text{ кА}$$

Выбранный выключатель удовлетворяет условиям проверки.

3.5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности

Расчет токов к.з. ниже 1кВ, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов коротких замыканий в сетях ниже 1кВ является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от возникновения короткого замыкания.

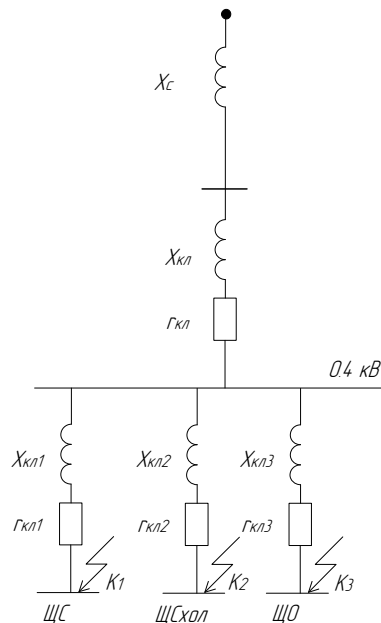


Рисунок 3.2 – Схема замещения элементов сети

Расчет тока трехфазного к.з. для точки K_1 :

Для кабеля ВВГнг-LS – 5х10 протяженностью $L_{кл1}=10$ м по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление : $R_{уд.кл}= 3,12$ Ом/км

Реактивное сопротивление: $X_{уд.кл} = 0,073$ Ом/км

$$R_{л} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл} , \text{ мОм} \quad (3.18)$$

$$R_{л} = 3,12 \cdot 10 = 31,2 \text{ мОм}$$

$$X_{л} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл} , \text{ мОм} \quad (3.19)$$

$$X_{л} = 0,073 \cdot 10 = 0,73 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток кз в точке K_1 :

$$X_{\Sigma} = X_{л} + X_{л1} + X_{вн} , \text{ мОм} \quad (3.20)$$

$$X_{\Sigma} = 0,73 + 0,73 + 36,1 = 37,6 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции 20 мОм

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{л} , \text{ мОм} \quad (3.21)$$

$$R_{\Sigma}=20+104,4+31,2=155,6 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ точке К1:

$$I_{K1} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (3.22)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{37,6^2 + 155,6^2}} = 1,443 \text{ кА}$$

Аналогичные расчеты произведены и для остальных точек к.з, полученные результаты расчетов сведены в таблицу 3.8

Таблица 3.8 – Результаты расчетов трехфазного тока КЗ

Точка КЗ	X _{вн} , мОм	R _{л1} , мОм	X _{л1}	R _{удкл}	X _{удкл}	L _{кл} , м	R _л , мОм	X _л , мОм	R _{доб}	R _{сумм}	X _{сумм}	I _{кз} ,кА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
К1	36,1	104,4	0,73	3,12	0,073	10	31,2	0,73	20	155,6	37,6	1,443
К2	36,1	104,4	0,73	1,95	0,0675	15	29,3	1,01	20	153,7	37,8	1,459
К3	36,1	104,4	0,73	7,81	0,095	10	78,1	0,95	20	202,5	37,8	1,121

Необходимо проверить выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверка была проведена по току КЗ:

$$I_{KЗ} \leq I_{o.c.}$$

где I_{o.c.} - предельная отключаемая способность.

Таблица 3.9 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№	Точка КЗ	I _{кз} , кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА
1	2	3	4	5
ЩС	К1	1,443	ВА 47-100, С-50	16
ЩС хол.	К2	1,459	ВА 47-100, С-80	16
ЩО	К3	1,121	ВА 47-100, С-32	16

Автоматические выключатели по проверке на отключаемую способность проходят.

3.5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности

Для правильного выбора параметров релейной защиты и автоматики в системе электроснабжения наряду с токами трехфазных КЗ необходимо знать токи несимметричных КЗ – в нашем случае однофазные КЗ, для проверки чувствительности автоматов НН к таким КЗ.

Ток однофазного замыкания на землю в сети 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью, равен утроенному току нулевой последовательности и определяется по формуле:

$$I_{K3} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_n}, \quad (3.23)$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение сети;

$Z_{T/3}$ - сопротивление силового трансформатора при однофазном замыкании на корпус (принимается $Z_T = 10,6$ мОм при мощности трансформатора 250 кВА с обмотками Δ/Y_{H-11}).

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\text{дв.}} + R_{T.T.} + R_a + R_{\phi} + R_n + R_{\phi 1} + R_{n1} + R_{\phi 2} + R_{n2})^2 +} + \sqrt{(X_{BH.} + X_{T.T.} + X_a + X'_{\phi 0} + X_{\kappa 1} + X_{\kappa 11} + X_{\kappa 12})^2} \quad (3.24)$$

где R_A , X_A - активное и индуктивное сопротивление автоматических выключателей;

R_{ϕ} - суммарные активные сопротивления фазного провода всех участков рассчитываемой цепочки;

R_{TT} , X_{TT} - активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока
 $R_{TT} = 0,00015$ Ом; $X_{TT} = 0,00021$ Ом;

$X_{ВН}$ - сопротивления внешней сети трансформатора;

$R_{дуг}$ - сопротивление дуги в точке КЗ;

R_n – сопротивление нейтрального провода;

$X_{\varphi'o}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, принимается равным 0,6 Ом/км;

Сопротивление кабельной линии от ТП до ВРУ, ВРУ до ЩС, от ЩС до ЭП приемника.

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(30 + 0,15 + 0,4 + 104,4 + 104,4 + 15,6 + 15,6 + 78 + 78)^2 + (36,1 + 0,21 + 0,99 + 0,6 + 24,1 + 1,6 + 1,825)^2} = 573,32 \text{ мОм}$$

Определен ток однофазного КЗ для силового щита линии 1:

$$I_{кз} = \frac{220}{\frac{10,6}{3} + 573,32} = 381,4 \text{ А}$$

Расчет однофазных коротких замыканий у остальных электроприемников производится аналогичным образом, а расчет сведен в таблицу 3.10.

Таблица 3.10 –Результаты расчета токов однофазного КЗ

№	X _{вн}	Z _{тр/3}	R _{дуг}	R _{ТТ}	R _а	X _{ТТ}	X _а	X _{Э/0}	X _{кл}	L,м	R _ф	R _н	X _{кл1}	R _{ф1}	R _{н1}	X _{кл2}	R _{ф2}	R _{н2}	Z _н	I _{кз}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Гр. М-1																				
Лин. 1 М-1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	5	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	550,25	397,3
Гр. М-2																				
ЩС																				
Лин. 1 С-4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	573,32	381,4
Лин. 2 С-8	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	30	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	568,27	384,7
Лин. 3 С-9	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	25	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	564,67	387,2
Лин. 4 С-10	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	38	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	574,04	380,9
Лин. 5 С-11	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	39	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	574,761	380,4
Лин. 6 С-12	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	43	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	577,644	378,5
Лин. 7 С-13	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	43	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	577,644	378,5
Лин. 8 С-14	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	38	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	574,04	380,9
Лин. 9 С-15	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	20	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	561,066	389,7
Лин. 10 С-16	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	22	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	562,508	388,7
Лин. 11 С-17	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	30	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	568,274	384,7
Лин. 12 С-18	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	573,32	381,4
Лин. 13 С-20	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	23	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	563,228	388,2

Окончание таблицы 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Лин. 14 С-21	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	51	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	583,411	374,8
Лин. 15 С-22	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	52	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	584,132	374,4
Лин. 16 С-23	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	130,25	573,32	381,4
Лин. 17С-24	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	51	104,4	104,4	31,2	31,2	15,6	2,25	130,25	119,83	572,991	381,6
ЩО																				
Торговый зал																				
гр.1-2-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	54	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	777,167	281,8
гр.1-3-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	73	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	799,797	273,9
гр.1-4-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	23	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	740,244	295,8
гр.1-5-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	756,919	289,3
гр.1-6-авар.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	36	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	755,728	289,8
гр.1-7-авар.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	95	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	2,375	195,25	195,25	826	265,2
Приемка																				
гр.1-8-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	118	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	1,425	117,15	117,15	696,073	314,5
Директор																				
гр.1-10-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	37	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	1,425	117,15	117,15	600,367	364,3
Коридор																				
гр.1-11-раб.	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	0,73	88	104,4	104,4	78,1	78,1	4,9	1,425	117,15	117,15	660,626	331,2

Проверка на чувствительность к токам однофазного КЗ проверяется по условию для автоматических выключателей с обратной зависимостью от тока характеристикой $I = I_{н.расц.}$

$$I_{КЗ}^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.расц.} \quad (3.25)$$

Проверка выполнена в таблице 3.11, где определен коэффициент чувствительности равный отношению тока однофазного КЗ к номинальному току расцепителя.

Таблица 3.11 – Результаты расчета проверки чувствительности автоматов к однофазным КЗ в сети 0,4 кВ

№	$I_{КЗ}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя, А	$I_{КЗ} / I_{н.в.}$
1	2	3	4	5
Гр. М-1				
Лин. 1 М-1	397,3	ВА 47-29 С16	16	22,1
Гр. М-2				
ЩС				
Лин. 1 С-4	381,4	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 2 С-8	384,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 3 С-9	387,2	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 4 С-10	380,9	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 5 С-11	380,4	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 6 С-12	378,5	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 7 С-13	378,5	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 8 С-14	380,9	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 9 С-15	389,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 10 С-16	388,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 11 С-17	384,7	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 12 С-18	381,4	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 13 С-20	388,2	DEKraft 25А/30мА	25	14,1
Лин. 14 С-21	374,8	DEKraft 25А/30мА	25	14,1

Окончание таблицы 3.11

1	2	3	4	5
Лин. 15 С-22	374,4	DEKraft 25A/30мА	25	14,1
Лин. 16 С-23	381,4	DEKraft 25A/30мА	25	14,1
Лин. 17С-24	381,6	DEKraft 25A/30мА	25	14,4
ЩО				
Торговый зал				
гр.1-2-раб.	281,8	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-3-раб.	273,9	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-4-раб.	295,8	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-5-раб.	289,3	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-6-авар.	289,8	DEKraft C16	16	16,5
гр.1-7-авар.	265,2	DEKraft C16	16	16,5
Приемка				
гр.1-8-раб.	314,5	DEKraft C16	16	20,3
Директор				
гр.1-10-раб.	364,3	DEKraft C16	16	20,3
Коридор				
гр.1-11-раб.	331,2	DEKraft C16	16	20,3

Для проверки автомата на чувствительность, были проверены токи КЗ в самой удаленной точке по каждому щиту. Если на самой удаленной точке автомат пройдет проверку по чувствительности к току КЗ, то и на остальных линиях условия по чувствительности к току КЗ будут выполнены, т.к. на всех отходящих линиях выбраны одинаковые автоматы.

Отключающая способность соответствует требованиям, значит все выбранные выключатели проходят по чувствительности и выбраны верно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выпускной квалификационной работы является система электроснабжения супермаркета «Командор», находящегося в г. Абакане, по ул. Пушкина, д 44. Система электроснабжения спроектирована с учетом требований, необходимой нормативной документации.

Была рассчитана электрическая нагрузка ЭП в целом по супермаркету, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения.

Были выбраны марки и сечения кабельных линий, пункт распределительный и вводный автомат, щит силовой, щит силовой холодильного оборудования, щит освещения, и параметры коммутационно-защитных аппаратов.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

Проведены светотехнический и электротехнический расчеты. В проекте предусмотрено также аварийное и эвакуационное освещение.

Поставленная в работе цель достигнута, задачи решены в полном объеме в соответствии с выданным заданием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арзамасцев, Д.А. Снижение технологического расхода энергии в электрических сетях / Д.А. Арзамасцев, А.В. Липес. – М.: Высшая школа, 2014. – 127 с.
2. Блок, В.М. Электрические сети и системы / В.М. Блок. – М.: Высшая школа, 2012. – 430 с.
3. Бохмат, И.С. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах. - Электрические станции / В.Э. Воротницкий, Е.П.Татарinov, 2014, №9.
4. Будзко, И.А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов / М.С. Левин - М.: Агропромиздат, 2012. - 320с.
5. Веников, В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2008. – 344 с.
6. Веников, В.А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / В.А. Веников, А.А. Глазунов, В.А. Жуков, Л.А. Солдаткина; под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2010. – 438 с.
7. Веников, В.А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / под ред. В.А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2011. – 440 с.
8. Воротницкий, В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / Железко Ю.С., Казанцев В.Н. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 368с.
9. Глазунов, А.А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А.А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 2010. – 368 с.
- 10.ГОСТ 13109-07. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006034>
- 11.ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10583/>

- 12.ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ». Режим доступа:<http://docs.cntd.ru/document/1200004630>
- 13.ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа:<http://docs.cntd.ru/document/1200104301>
- 14.ГОСТ 6825 -91 «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005327>
15. ГОСТ Р 51541-2014 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Режим доступа:http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhenie/gost_r_51541-99/
16. Ежков, В.В. Энергетические системы и сети в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для энергетических специальностей / В.В. Ежков, Г.К. Зарудский, Е.Н. Зуев и др.; под ред. В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 2009. – 352 с.
- 17.Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения:/ под ред. Г.М. Кнорринга.-Л: Энергия, 1968. -384 с.: ил.
- 18.Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп./ И.П. Крючков – М.: Энергоатомиздат, 2013. – 608 с.: ил.
19. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 (ред. от 22.02.2016) "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" (вместе с "Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии", "Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии") // Справочная

правовая система «КонсультантПлюс». Режим
доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/

20. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-ое издание. Главы 1.1-1.2, 1.7-1.9, 2.4-2.5, 4.1-4.2, 7.1-7.2, 7.5-7.6, 7.10, раздел 6. – М.: Ростехнадзор, 2010. – 411 с.
21. Приказ ФСТ России от 10.10.2014 N 225-э/1 "О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию (мощность) на 2016 год" (Зарегистрировано в Минюсте России 28.10.2014 N 34488) [Электронный ресурс]. Приложение N 4 к приказу Федеральной службы по тарифам от 10 октября 2014 г. N 225-э/1// Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
22. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа: http://energoeducation.ru/wpcontent/uploads/2015/11/LAW94054_0_20151002_142857_54007.pdf
23. Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения: Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)» всех форм обучения / сост. Н.В. Дулесова. – Красноярск, 2012. - 28 с.
24. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Взамен ВСН 59-88; введ. 26.10.2003.
25. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети: в 2т./ под ред. А.А. Федорова, и Г.В. Сербиновского - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергия, 2014. – 576с.: ил.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

И.о.заведующего кафедрой

Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия

«11» 06 2018г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование специальности)

Электроснабжение супермаркета «Командор»
по адресу г. Абакан, ул. Пушкина, д.44
(наименование темы)

Руководитель Кол «09» 06 2018г. доцент кафедры ЭЭ, к.т.н. А.В.Коловский
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник Муж «09» 06 2018г. А.С.Мужайло
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер Кы «09» 06 2018г. И.А.Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2018